

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-249506

(43)公開日 平成5年(1993)9月28日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

G 0 2 F 1/31  
1/13

識別記号

庁内整理番号

7246-2K  
7348-2K

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数2(全6頁)

(21)出願番号 特願平4-49331

(22)出願日 平成4年(1992)3月6日

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社  
東京都千代田区内幸町一丁目1番6号

(72)発明者 幸田 成人

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日  
本電信電話株式会社内

(72)発明者 津留 信二

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日  
本電信電話株式会社内

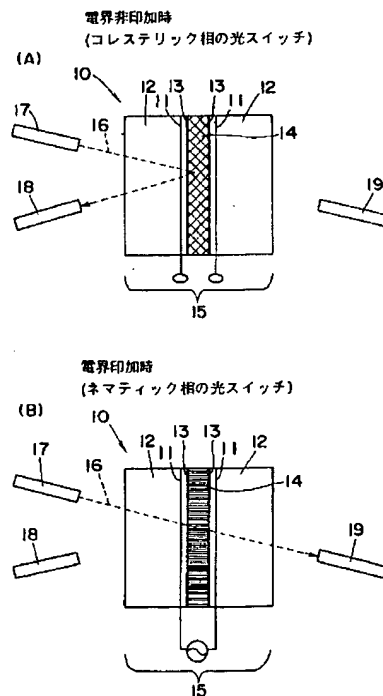
(74)代理人 弁理士 光石 俊郎

(54)【発明の名称】 光スイッチ

(57)【要約】

【目的】 光信号、光信号処理等に用いる液晶を用いた光路切替形の光スイッチを提供する。

【構成】 相対向する表面に透明電極11を有した二枚のガラス基板間12、12に、カイラルネマティック液晶14を挟持してなる液晶セル15と、当該液晶セル15に信号光16を入射する第一の導光路としての入力用光ファイバ17と、前記液晶セル15からの反射光及び透過光を取り出す位置に配置された第二の導光路及び第三の導光路としての出射用光ファイバ18、19とを具備してなり、前記透明電極間の電界又は磁界を変化させてコレステリック-ネマティック相転移を制御することによって、前記第一の導光路17から入射した信号光16を第二の導光路18と第三の導光路19との間で切り替える。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 対向する表面に透明電極を有した二枚の基板間に、カイラルネマティック液晶あるいはコレステリック液晶を挟持してなる液晶セルと、当該液晶セルに信号光を入射する第一の導光路と、前記液晶セルからの反射光及び透過光を取り出す位置に配置された第二の導光路及び第三の導光路とを少なくとも具備してなり、

前記透明電極間の電界または磁界を変化させてコレステリック-ネマティック相転移を制御することによって、前記第一の導光路から入射した信号光を第二の導光路と第三の導光路との間で切り替えることを特徴とする光スイッチ。

【請求項2】 請求項1記載の光スイッチにおいて、

前記液晶セルがコレステリック相の場合は、前記液晶セルに入射した光の反射光は第一の円偏光であり、かつ透過光は第二の円偏光であって、該第一の円偏光を第二の円偏光に変換して、前記液晶セルに再入射する手段と、前記液晶セルを透過した第二の円偏光を第一の円偏光に変換して、前記液晶セルに再入射する手段とを具備してなり、該再入射された第一および第二の円偏光は前記液晶セル内で合波されて出射されることを特徴とする光スイッチ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、光信号、光信号処理等に用いる光スイッチに関し、特に、液晶を用いた光路切替形の光スイッチに関する。

【0002】

【従来の技術】液晶を用いた光路切替形の光スイッチは既にいくつかの試みが周知である。それらの光路切替の原理は、大別して、(1) TN液晶セルによる偏光面の回転効果と偏光ビームスプリッタや複屈折性を示す光学結晶とを組み合わせる光路を切り替える方法と、(2) 液晶の屈折率異方性と液晶/基板界面での全反射効果を利用して光路を切り替える方法とに分けられており、代表的な実施例が次の文献に記載されている。

1. 上記(1)の光スイッチの例としては、R.E.Wagner 他著、Appl. Opt., 19 巻(1980 年)、2921頁に開示されている。

2. 上記(2)の例としては、R.A.Kashnow 他著、Appl. Opt., 12 巻(1973 年)、2309頁に開示されている。

【0003】この従来の(1)の光スイッチの一例を図4を参照して説明する。第4図は上記(1)の基本原理を示す概略図であり、同図中、01は入射光、02、07は偏光ビームスプリッタ、03は垂直偏光、04は水平偏光、05は水平偏光を全反射する全反射ミラー、06はTN形の液晶セル08、09は出射光を各々図示する。

【0004】同図に示すように、入射光01は偏光ビ-

ムスプリッタ02により垂直偏光03と、水平偏光04に分けられ、水平偏光は全反射ミラー05を介してTN形の液晶セル06を透過し、垂直偏光03はそのまま液晶セル06を透過する。液晶セル06に電圧を加えないと、垂直偏光03、水平偏光04とも偏光面が回転し、偏光ビームスプリッタ07を経て、出射光08の光路となる。一方、液晶セル06に電圧を印加すると、偏光面は回転しないので垂直偏光03、水平偏光04とも偏光面が回転せずに液晶セル06を透過し、偏光ビームスプリッタ07を経て、出射光09の光路となる。即ち、液晶セル06への電圧印加の有無によって出射光08と出射光09の間で光路を切り替えることができる。

【0005】また、上記(2)の基本的な原理は、透明電極を塗布したガラス基板間に水平配向されたネマティック液晶を充填し、電圧非印加時にはその界面で全反射を生じる角度で光を入射し、液晶に電圧を印加して垂直配向させた場合には、光は液晶セルを透過するようにしたものである。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかし、これらの従来技術では次のような問題があった。即ち、上記(1)の原理では、液晶セル以外に偏光ビームスプリッタ等の光学部品をアセンブルする必要があるが、これらの光学部品は高価であること、複数の偏光ビームスプリッタおよびミラーの平行度を保証しかつ分離された2つの偏光の光学的距離を一致させるように多数の光学部品の精密な位置合わせが必要なこと等、経済性及び量産性を阻害する要因が多い。

【0007】また、上記(2)の原理では、液晶の複屈折率が大きくかつ水平配向と垂直配向の屈折率の中間に透明電極やガラスの屈折率がこななければならないこと、全反射と透過の両条件を満足するために入射角の制限が厳しく、かつ角度の精密な位置合わせが必要なこと等の制約が大きい。特に、現状では高い光学特性を満足の出来る液晶材料が得られないこと、アセンブリコストが高いこと等欠点が多い。

【0008】本発明は、上記問題を解決するためになされたもので、高価な光学部品や精密なアセンブル工程を必要とせず、また液晶材料の光学特性に厳しい必要条件のない液晶を用いた光スイッチを提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成する本発明に係る第一の光スイッチの構成は、対向する表面に透明電極を有した二枚の基板間に、カイラルネマティック液晶あるいはコレステリック液晶を挟持した液晶セルと、該液晶セルに信号光を入射する第一の導光路と、前記液晶セルからの反射光及び透過光を取り出す位置に配置された第二の導光路及び第三の導光路とを少なくとも具備してなり、前記透明電極間の電界または磁界を変化

させてコレステリック-ネマティック相転移を制御することによって、前記第一の導光路から入射した信号光を第二の導光路と第三の導光路の間で切り替えることを特徴とする。

【0010】また、本発明に係る第二の光スイッチの構成は上記第一の光スイッチにおいて、前記液晶セルがコレステリック相の場合は、前記液晶セルに導入した光の反射光は第一の円偏光であり、かつ透過光は第二の円偏光であって、該第一の円偏光を第二の円偏光に変換して、前記液晶セルに再入射する手段と、前記液晶セルを透過した第二の円偏光を第一の円偏光に変換して、前記液晶セルに再入射する手段とを具備してなり、該再入射された第一および第二の円偏光は前記液晶セル内で合波されて出射されることを特徴とする。

【0011】尚、前記第一の構成に係る光スイッチにおいて、前記コレステリック-ネマティック相転移を、液晶セルに印加される電界の大小、あるいは周波数の大小を制御することによって行うようにしてもよい。

【0012】

【作用】前述の手段によれば、本発明の光スイッチはコレステリック液晶またはカイラルネマティック液晶を充填した液晶セルの光学的性質を用いるものであり、周知のように、プレーナ配向されたコレステリック相は、特定波長領域の光に対し円偏光フィルタの役割を果たし、例えば、右旋性コレステリック相の場合には右円偏光は反射し、左円偏光は透過する性質を有する。一方、これに電界または磁界を加えて、コレステリック-ネマティック相転移を生ぜしめてネマティック相にすると、両円偏光とも透過する。即ち、コレステリック液晶の旋回方向と同じ方向に円偏光を信号光として入射すると、その後の光路がコレステリック相の場合は反射、ネマティック相の場合は透過となり光路切替ができることが基本原理である。また、この基本原理と円偏光の回転方向を変更する手段とを複数組み合わせ、非偏光入射光に対しても光スイッチを実現できる。

【0013】以上の作用から解るように、本発明は従来の偏光面の回転や液晶の屈折率異方性を光路切替を原理としたものとは異なり、本発明はコレステリック相のヘリカル構造に起因した円偏光の選択反射効果と、コレステリック-ネマティック相転移との組合せを光路切替の原理とするものである。

【0014】

【実施例】以下、本発明の好適な実施例を図面を参照にして詳細に説明する。

(実施例1) 図1は第1の実施例に係る光スイッチの概略図である。同図に示すように、第1の実施例に係る光スイッチ10は、相対向する表面に透明電極11、11を有した二枚のガラス基板12、12の間に、配向膜13を介してカイラルネマティック液晶14を挟持して構成される液晶セル15と、この液晶セル15に信号光1

6を入射する第一の導光路としての入力用の光ファイバ17と、前記液晶セル15からの反射光及び透過光を取り出す位置に配置された第二の導光路としての出力用光ファイバ18、19とを具備するもので、一系統の入力と二系統の出力とを有するものである。

【0015】前記構成に係る光スイッチ10で使用した材料としては、例えばガラス基板12には石英を、透明電極11にはスパッタ成膜したITO膜を、配向膜13には表面をラビング処理したポリイミド膜を各々用いた。また、コレステリック液晶14にはPCH系のTN液晶にカイラル剤を添加しヘリカルピッチを0.2~0.8 $\mu$ mに調整した正の誘電率異方性を持つカイラルネマティック液晶を用いた。この際セルギャップは10 $\mu$ mとした。

【0016】この結果、電界非印加時にはヘリカル軸が基板界面にほぼ垂直なプレーナ配向したコレステリック相となり、基板界面から液晶内に入射した光に対し円偏光フィルタとして働いた。この場合、右旋性カイラル剤を添加した場合は、左円偏光のみを透過し、左旋性カイラル剤を添加した場合は、右円偏光のみを透過することができた。

【0017】図1(A)は右旋性のカイラル剤を添加した、右旋性カイラルネマティック液晶を用いて作製した液晶セルの電界非印加時に、信号光10として右円偏光を入射した状態を示す。入力用光ファイバ17から入射された右円偏光10は、液晶14層で反射し出力用の光ファイバ18に入力される。

【0018】図1(B)は、液晶セル15に20Vの交流電圧を印加し、コレステリック-ネマティック相転移が生じた状態を示す。液晶分子の長軸が基板界面に対して垂直になり、ヘリカル構造が解けて、ホメオトロピック配向のネマティック相となる。従って、入射した右円偏光はそのまま透過し、出力用の光ファイバ3に入力される。このように、液晶セル15に電圧を印加するかしないかで、出射導光路としての出力用光ファイバ18と出力用光ファイバ19との間で光路を変更することができた。

【0019】上記実施例では、右旋性カイラルネマティック液晶を用いたが、左旋性カイラルネマティック液晶を用いても、また、カイラルネマティック液晶の代わりにコレステリック液晶を用いても光路切替の原理に何も変わるところはない。

【0020】また、負の誘電率異方性を持つ液晶を用いて、ホメオトロピック配向した液晶セルを用いてもよい。この場合は、電界非印加時にはネマティック相となっており、電圧を印加するとネマティック-コレステリック相転移を生じコレステリック相に変化する。即ち、円偏光の反射と透過の電圧に対する関係は前述の説明と逆になるが、光路切替の原理が同じである。

【0021】また、一方これらの相転移を生じさせる力

として、電界以外に磁界を用いることも可能である。さらに、2周波駆動用のカイラルネマティック液晶あるいはコレステリック液晶を用いれば、周波数を変化させることで相転移を生じしめることができ切替の高速化も可能である。

【0022】なお、本実施例では入射用導光路として光ファイバを用いたが、これに限ることはなく空間ビームや各種の光導波路でもよい。

【0023】(実施例2)図2は本発明に係る光スイッチの別の実施例を説明する構成図である。前述した実施例1では入力する信号光は円偏光である必要があったが、本実施例はその制約を除去し偏光無依存の光スイッチを提供する。

【0024】図中、21は入射導光路である入力用の光ファイバ、22及び23は出射導光路である出力用の光ファイバ、24は液晶セルでこれは一部にミラー25a、25bを有する同一厚さのガラス基板26からなる。27は透明電極、28は配向膜、29はコレステリック液晶あるいはカイラルネマティック液晶を各々図示している。

【0025】本実施例に使用する材料は、実施例1に使用したものと同じであり、コレステリック相の円偏光フィルタ効果、ネマティック相の光透過性、コレステリック-ネマティック相転移特性も実施例1と同じであるが、液晶セル24内の光路が異なる。

【0026】図2(A)は、右旋性コレステリック相の場合の液晶セル24内の光路を示す。同図に示すように、入射導光路21から出射された任意の偏光状態の光31は、液晶層で右円偏光32と左円偏光33に分離され、右円偏光32は反射し左円偏光33は透過する。反射した右円偏光32は、基板裏面に設置されたミラー25aで反射するが、このとき円偏光の回転方向が逆転し左円偏光34となる。同様に透過した左円偏光33もミラー25bで反射して右円偏光35となる。左右円偏光34、35は、再び液晶層に入射され、ここで右円偏光35は反射し、左円偏光34は透過する。このとき両円偏光は合波され初期の偏光状態を保持した光となって出射導光路22に導かれ、導光路21と導光路22が結合される。

【0027】図2(B)は、液晶セルに電圧を印加してコレステリック-ネマティック相転移を起こし、液晶層をネマティック相にした場合を示す。入射導光路21から出射された任意の偏光状態の光31は、液晶層を透過してミラー25bで反射し、再び液晶層を透過して出射導光路23に導かれ、導光路21と導光路23が結合される。以上説明したように、本実施例の構成をとれば、実施例1の構成にミラーを付加するだけで偏波無依存の光スイッチを実現できる。

【0028】(実施例3)図3は、本発明に係る光スイッチの別の実施例であって、前述した図2に示す実施例

2を応用して2つの入力光を切り替える構成法を示す。図3中、41、42はそれぞれ入射導光路である入力用の光ファイバで液晶セル24に対して対称の位置に設置されている。43及び44は出射導光路である出力用の光ファイバであり、実施例2の出力用の光ファイバ22、23と同一位置にある。

【0029】図3(A)は液晶セル非印加時の液晶層がコレステリック層の場合で、入力用の光ファイバ41から入射した任意の偏光状態の光31aは、実施例2で説明したように円偏光分離した後ミラー25aで反射して出力用の光ファイバ43に導かれる。一方、入力用の光ファイバ42から入射した任意の偏光状態の光31bも同様に円偏光分離した後ミラー25bで反射して出力用の光ファイバ44に導かれる。

【0030】次に、図3(B)に示すように、液晶セルに印加し、液晶層を相転移してネマティック相とすると、入力用の光ファイバ41から入射した光31aは、実施例2で説明したように液晶層を透過し、ミラー25bで反射して出力用の光ファイバ44に導かれる。一方、入力用の光ファイバ42から入射した光31bも同様にミラー25aで反射して出力用の光ファイバ43に導かれる。即ち、コレステリック-ネマティック相転移を起こすことによって2つの光路の入れ替えが出来ることが解る。

【0031】以上説明したように、本実施例では1入力2出力あるいは2入力2出力の光路切替形の光スイッチを示したが、この光スイッチを多段に組み合わせれば、多入力多出力の光スイッチを実現できることは言うまでもない。

【0032】

【発明の効果】以上説明したように、本発明は液晶セル以外の光学部品が不要であり、光学部品との精密なアセンブルも必要がない。また、入射光の角度や、液晶材料の特性に対する制限も従来技術に比べて極めて小さい。このように本発明は、少量の安価な構成部品で簡単に実現できるため、量産化に適し、経済的な光スイッチを実現できる効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の基本となる1入力、2出力形の光スイッチの一実施例を説明する断面図である。

【図2】本発明の別の実施例を説明する構成図であり、偏波無依存の光スイッチを提供する。

【図3】本発明の別の実施例であって、実施例2を応用して2つの入力光を切り替える2入力、2出力の光スイッチの構成図を示す。

【図4】従来の光スイッチの構成図である。

【符号の説明】

10 光スイッチ

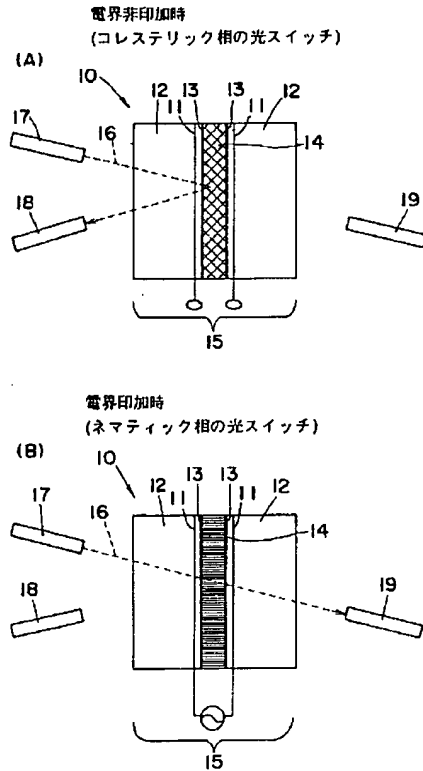
11、27 透明電極

12、26 ガラス基板

7

- 13、28 配向膜  
 14、29 液晶  
 15、24 液晶セル  
 16 信号光  
 17、21、41、42 入力用の光ファイバ  
 18、19、22、23、43、44 出力用の光ファ

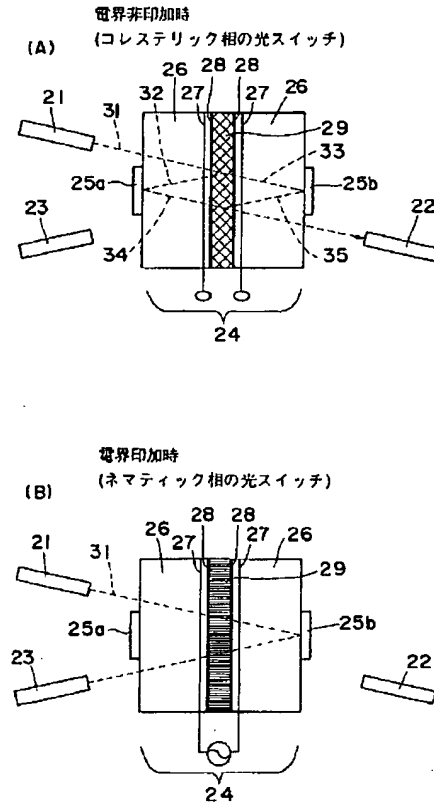
【図1】



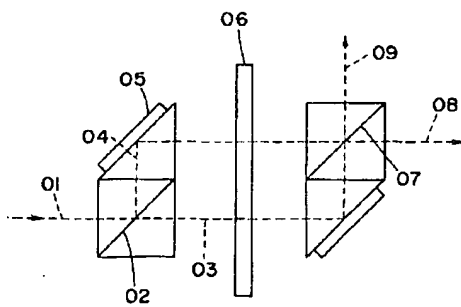
8

- イバ  
 25a、25b ミラー  
 31、31a、31b 任意の偏光状態の光  
 32、35 右円偏光  
 33、34 左円偏光

【図2】



【図4】



【図3】

